

## Axial-flow turbine

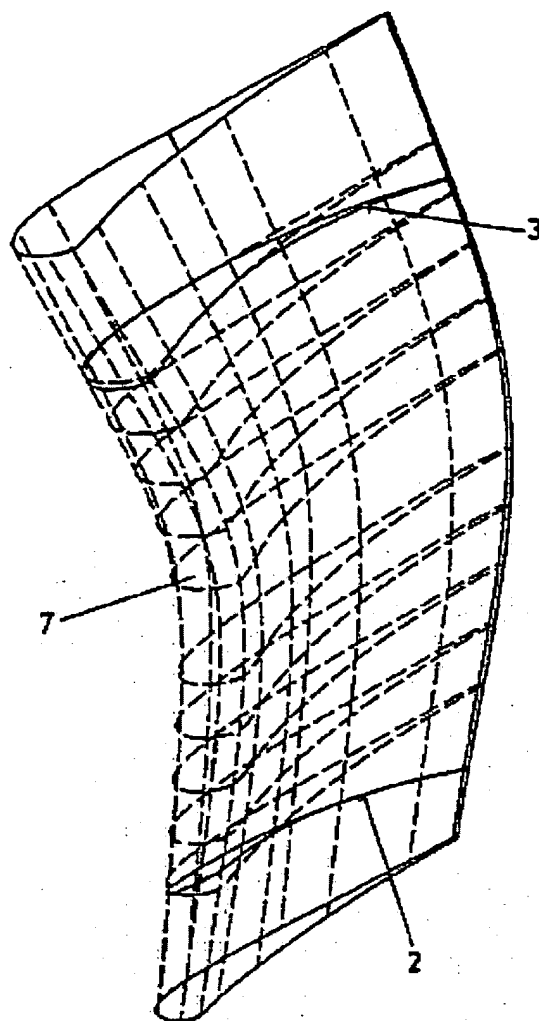
**Patent number:** DE4228879  
**Publication date:** 1994-03-03  
**Inventor:** ELVEKJAER PETER DR (CH); SCHREIBER WALTER (CH)  
**Applicant:** ASEA BROWN BOVERI (CH)  
**Classification:**  
- international: **F01D5/14; F01D5/14**; (IPC1-7): F01D9/02  
- european: F01D5/14B2  
**Application number:** DE19924228879 19920829  
**Priority number(s):** DE19924228879 19920829

**Report a data error here**

Abstract not available for DE4228879

Abstract of corresponding document: **US5342170**

An axial-flow turbine has at least one row of bowed guide vanes (7) and at least one row of rotor blades. The bowing of the guide vanes (7) over the vane height is selected at right angles to the chord and is directed towards the pressure side of the respectively adjacent guide vane in the peripheral direction. The guide vanes are tapered in their radial extent. Secondary losses, which occur due to the deflection of the boundary layers in the guide vanes, are reduced by this measure.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 42 28 879 A 1

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
F01 D 9/02

②① Aktenzeichen: P 42 28 879.7  
②② Anmeldetag: 29. 8. 92  
④③ Offenlegungstag: 3. 3. 94

DE 42 28 879 A 1

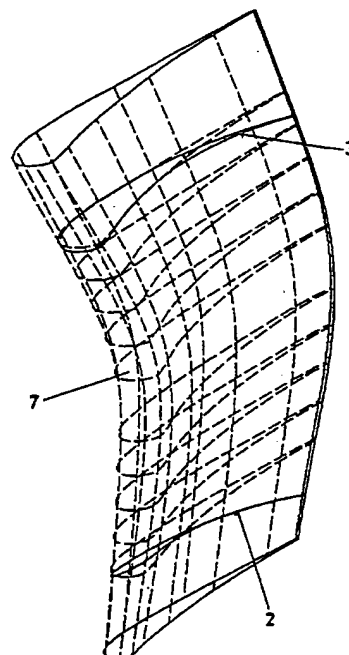
⑦① Anmelder:  
Asea Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH  
  
⑦④ Vertreter:  
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61476 Kronberg

⑦② Erfinder:  
Elvekjaer, Peter, Dr., Baden, CH; Schreiber, Walter,  
Nussbaumen, CH

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
DE-PS 1 79 838  
TROJANOVSKIJ, Dejc: Untersuchung und  
Berechnung axialer Turbinenstufen, VEB Verlag  
Technik Berlin 1973, S.405-413, 484, 485;

⑤④ Axialdurchströmte Turbine

⑤⑦ Eine axialdurchströmte Turbine weist mindestens eine Reihe gekrümmter Leitschaufeln (7) und mindestens eine Reihe Laufschaufeln auf. Die Krümmung der Leitschaufeln (7) über der Schaufelhöhe ist senkrecht zur Sehne gewählt und gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet. In ihrer radialen Erstreckung sind die Leitschaufeln verjüngt. Mit dieser Maßnahme werden Sekundärverluste verringert, die durch die Umlenkung der Grenzschichten in den Leitschaufeln entstehen.



DE 42 28 879 A 1

## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine axialdurchströmte Turbine mit mindestens einer Reihe gekrümmter Leitschaufeln und mindestens einer Reihe Laufschaufeln.

Gekrümmte Leitschaufeln werden insbesondere eingesetzt, um die Sekundärverluste zu verringern, die durch die Umlenkung der Grenzschichten in den Leitschaufeln entstehen.

## Stand der Technik

Turbinen mit gekrümmten Leitschaufeln sind beispielsweise der DE-A-37 43 738 bekannt. Dort sind Schaufeln gezeigt und beschrieben, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Es sind auch aus dieser Schrift Schaufeln bekannt, deren Krümmung über der Schaufelhöhe gegen die Saugseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Damit sollen auf wirksame Weise sowohl radiale als auch in Umfangsrichtung verlaufende Grenzschicht-Druckgradienten verringert werden und damit die aerodynamischen Schaufelverluste verkleinert werden. Unabhängig davon, gegen welche Seite der benachbarten Schaufel die Krümmung dieser bekannten Schaufel gerichtet ist, verläuft sie in jedem Fall genau in Umfangsrichtung. Dies bedeutet, daß bei den dargestellten zylindrischen Schaufeln zumindest deren Vorderkanten über der Schaufelhöhe in der gleichen Axialebene liegen.

## Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer axial durchströmten Turbine der eingangs genannten Art eine Maßnahme zu schaffen, mit welcher die genannten Verluste weiter reduziert werden können.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die Krümmung der Leitschaufeln über der Schaufelhöhe senkrecht zur Sehne gewählt ist, und daß die Leitschaufeln in ihrer radialen Erstreckung verjüngt sind. Zugleich sollte die Krümmung gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet sein.

Der Vorteil der Erfindung ist insbesondere darin zu sehen, daß infolge der Krümmung senkrecht zur Schaufelsehne die in Radialrichtung projizierte Schaufelfläche größer ist als bei der bekannten Krümmung in Umfangsrichtung. Dadurch erhöht sich die Radialkraft auf das Arbeitsmittel; dieses wird an die Kanalwandungen gedrückt, wodurch dort die Grenzschichtdicke reduziert wird.

Bei axialdurchströmten Turbinen mit zumindest annähernder zylindrischer Schaufelträgerkontur im Bereich der Leitschaufelfüße und konisch öffnender Nabekontur im Bereich der Leitschaufelspitzen, wie sie beispielsweise bei einstufigen Gasturbinen von Abgasturboladern Anwendung finden, sind die Leitschaufeln mit Vorteil über der Schaufelhöhe verwunden. Die Kombination von Krümmung und Verwindung erlaubt eine Optimierung des Reaktionsgrades über der Schaufelhöhe, ohne dabei die Verteilung des Eintrittswinkels der Laufschaufeln stark verändern zu müssen. Ein wei-

terer Vorteil ist also darin zu sehen, daß bei der Auslegung einer Turbinenstufe die bisherigen Laufschaufeln teilweise übernommen werden können.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer einstufigen Abgasturboladerturbine mit axial/radialen Austritt dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Teillängsschnitt der Turbine;

Fig. 2 die teilweise Abwicklung eines Zylinderschnittes auf dem äußeren Durchmesser des durchströmten Kanals gemäß Fig. 1;

Fig. 3 das Skelett einer gekrümmten Leitschaufel in Perspektive;

Fig. 4 Profilschnitte einer gekrümmten Leitschaufel;

Fig. 5 Meridionalstromlinien in einem Axialschnitt;

Fig. 6 ein Schaubild Vergleich Gasaustrittswinkel und Schaufelaustrittswinkel über der Kanalhöhe.

Fig. 7 ein Schaubild Verlustreduktion in Funktion des Turbinendruckverhältnisses.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Anlage beispielsweise der Verdichterteil, die Gehäuse, der Rotor mitsamt Lagerung usw. Die Strömungsrichtung des Arbeitsmittels ist mit Pfeilen bezeichnet.

## Weg zur Ausführung der Erfindung

In der in Fig. 1 schematisch gezeigten Gasturbine sind die den durchströmten Kanal 1 begrenzenden Wandungen zum einen die innere Nabe 2 und zum anderen der äußere Schaufelträger 3. Letzterer ist auf geeignete Art im nicht gezeigten Gehäuse eingehängt. Im Bereich der Laufschaufeln 4 wird der Kanal 1 innen begrenzt durch die Rotorscheibe 5 und außen durch die Abdeckung 6. Im ganzen Beschauelungsbereich ist die Nabe 2 infolge der Volumenzunahme des expandierenden Arbeitsmittels konisch ausgebildet und zwar in offener Weise.

Stromaufwärts des Laufgitters ist ein festes Leitgitter angeordnet. Dessen Schaufeln 7 sind hinsichtlich Anzahl sowie bezüglich ihres Verhältnisses Sehne  $S$  zu Teilung  $T$  (Fig. 2) strömungstechnisch für Vollaust optimiert. Sie verleihen der Strömung den für den Eintritt in das Laufgitter erforderlichen Drall. Abweichend von der schematischen Darstellung ist dieses Leitgitter in der Regel mitsamt seinen außen und innen begrenzenden Wandungen als Ganzes hergestellt, beispielsweise als einteilig gegossener Düsenring, so daß nicht eigentlich von Schaufel spitze oder Schaufelfuß gesprochen werden kann.

Anhand der Fig. 1 und 3 ist erkennbar, daß infolge der Schaufelkrümmung sowohl die Eintrittskante 9 als auch die Austrittskante 8 der Leitschaufel nicht in einer gleichen Axialebene liegen.

Die Krümmung der Schaufeln verläuft senkrecht zur Sehne, was durch eine Verschiebung der Profilschnitte sowohl in Umfangsrichtung als auch in Axialrichtung erreicht wird.

Die Krümmung wird durch einen kontinuierlichen Bogen gebildet, der mit dem Schaufelträger 3 den spitzen Winkel  $\alpha_Z$  und mit der Nabe 2 den spitzen Winkel  $\alpha_N$  bildet. Hierbei ist der Winkel  $\alpha_Z$  am äußeren Durchmesser kleiner bemessen als der Winkel  $\alpha_N$  am inneren Durchmesser. Die in Fig. 1 dargestellten Winkel sind als

solche nicht in der Axialebene, sondern senkrecht zur Sehnenebene der Schaufel zu betrachten.

Die Leitschaufeln sind radial einwärts verjüngt. Die Verjüngung ist so gewählt, daß die Leitschaufel vom äußeren Radius bis etwa zur halben Schaufelhöhe mit zunehmendem Verhältnis Sehne zu Teilung und von halber Schaufelhöhe bis zum inneren Radius mit etwa konstantem Verhältnis Sehne zu Teilung ausgebildet ist. Das Schaufelprofil bleibt im wesentlichen über der Schaufelhöhe unverändert.

Das Maß der Krümmung und der Verjüngung sowie die Schaufelprofile sind aus Fig. 4 ersichtlich. Darin sind 5 über der Schaufelhöhe zumindest annähernd äquidistante Profilschnitte in radialer Ansicht zu sehen. Mit Z ist das Profil am äußeren Durchmesser, d. h. am Zylinder bezeichnet, mit N jenes am inneren Durchmesser, d. h. an der Nabe, mit V das Profil auf halber Schaufelhöhe, während mit U und W zwei weitere Profile auf 1/4 bzw. 3/4 Schaufelhöhe bezeichnet sind.

Diese Maßnahmen tragen zu der gewünschten Entlastung der Randzonen bei.

Neben der Krümmung und der Verjüngung wird über der Blattlänge der Leitschaufel noch eine Verwindung des Schaufelblattes vorgenommen, um der Änderung der Umfangsgeschwindigkeit der auf die Leitschaufeln folgenden Laufschaufeln über der Kanalhöhe Rechnung zu tragen. In Fig. 4 zeigt sich die Verwindung in Form von unterschiedlichen Staffelungswinkel  $\beta_N$  bzw.  $\beta_W$ , welche die Sehne der entsprechenden Profile N und W mit der Umfangsrichtung eingeht. Ohne Verwindung der Leitschaufeln müßten die Eintrittswinkel der Laufschaufeln an die Abströmwinkel der Leitschaufeln angepaßt werden. Dies hätte wiederum eine unerwünschte Änderung des Schluckvermögens der Turbine zur Folge.

Der Zylinderschnitt in Fig. 2 zeigt in vergrößertem Maßstab den Schaufelplan in der betrachteten Turbinenzone. In der Regel verlassen die Abgase das Leitgitter bei Vollast unter einem Winkel von ca. 15–20°. Erkennbar ist insbesondere die infolge der Beeinflussung der Grenzschicht an der äußeren Kanalwand vorliegende Abweichung des Gasaustrittswinkels vom Austrittswinkel der Schaufelhinterkante.

Dieser Sachverhalt der Randzonenentlastung ist im Schaubild in Fig. 6 erläutert. Darin ist auf der Abszisse der Austrittswinkel in [°] und auf der Ordinate die Kanalhöhe im Bereich der Leitschaufel-Hinterkante in [%] aufgetragen.

Verglichen werden die Gasaustrittswinkel  $\sigma_G$  und Schaufelaustrittswinkel  $\sigma_S$  über der Kanalhöhe bei herkömmlichen, zylindrischen Leitschaufeln und bei nach erfindungsgemäßen Kriterien gekrümmten dreidimensionalen Schaufeln. Die gestrichelten Werte gelten für zylindrische Schaufeln; klar erkennbar ist die bei konstantem Schaufelaustrittswinkel  $\sigma_S$  sehr unregelmäßige Verteilung des Gasaustrittswinkels  $\sigma_G$  über der Schaufelhöhe. Der Knick im Kurvenverlauf im Nabenbereich, in welchem die Schaufelteilung klein ist, ist auf die dort herrschende transonische Strömung zurückzuführen. Die voll ausgezogenen Linien, welche für gekrümmte Schaufeln gelten, zeigen indes einen relativ konstanten Gasaustrittswinkel  $\sigma_G$  über der Schaufelhöhe. Obwohl die Schaufeln am Gehäuse und an der Nabe zugeordnet sind, d. h. mit kleineren Schaufelaustrittswinkel  $\sigma_S$  versehen sind, sind die maßgebenden Gasaustrittswinkel  $\sigma_G$  in den Randzonen größer als in der Schaufelmitte. Die oben genannten Übergeschwindigkeiten an der Nabe treten bei Anwendung der neuen Maßnahmen nicht

auf.

Diese Randzonenentlastung bewirkt ein Abdrängen der Meridionallinien radial auswärts gegen die Schaufelträgerwandung und radial einwärts gegen die Nabenwandung, wie dies in Fig. 5 veranschaulicht ist.

Die auf die Strömung ausgeübte Radialkomponente bewirkt demnach das bezweckte Andrücken der Strömung an die Nabe und an den Zylinder.

Da die Austrittskanten 8 der Leitschaufeln nicht in einer gleichen Axialebene liegen, verlaufen auch die Nachlaufdüsen nicht radial. Dies kann sich möglicherweise vorteilhaft auf die Schwingungsanregung der stromab angeordneten Laufschaufeln 4 auswirken.

Das Schaubild in Fig. 7, in welchem auf der Abszisse das Turbinendruckverhältnis in [bar] und auf der Ordinate die Druckverlustreduktion in [%] aufgetragen ist, zeigt, wie sich mit zunehmendem Druckverhältnis die Maßnahme vorteilhaft auswirkt.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das gezeigte und beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. In Abweichung hierzu könnte die Krümmung der Leitschaufeln auch gegen die Saugseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist. Im Gegensatz zur beschriebenen Lösung, bei welcher die Grenzschichten am Zylinder und an der Nabe beschleunigt werden, werden dann die Grenzschichten nicht beeinflusst, sondern die Krümmung wirkt sich in positiver Weise auf die Kernströmung aus.

#### 30 Bezugszeichenliste

- 1 Kanal
- 2 Nabe
- 3 Schaufelträger
- 35 4 Laufschaufel
- 5 Rotorscheibe
- 6 Abdeckung
- 7 Leitschaufel
- 8 Austrittskante von 4
- 40 9 Eintrittskante von 4
- S Sehne der Leitschaufel (Fig. 2)
- T Teilung der Leitschaufel (Fig. 2)
- $\alpha_Z$  Krümmungswinkel der Schaufel am Zylinder (Fig. 1)
- 45  $\alpha_N$  Krümmungswinkel der Schaufel an der Nabe (Fig. 1)
- $\sigma_G$  Gasaustrittswinkel (Fig. 6)
- $\sigma_S$  Schaufelaustrittswinkel (Fig. 6)
- $\beta$  Staffelungswinkel (Fig. 4)

#### Patentansprüche

1. Axialdurchströmte Turbine mit mindestens einer Reihe gekrümmter Leitschaufeln (7) und mindestens einer Reihe Laufschaufeln (4), dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung der Leitschaufeln (7) über der Schaufelhöhe senkrecht zur Sehne (S) gewählt ist, und daß die Leitschaufeln in ihrer radialen Erstreckung verjüngt sind.
2. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Krümmung der Leitschaufeln gegen die Druckseite der jeweils in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufel gerichtet ist.
3. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verjüngung so gewählt ist, daß die Leitschaufel vom äußeren Radius bis etwa zur halben Schaufelhöhe mit zunehmen-

dem Verhältnis Sehne (S) zu Teilung (T) und von halber Schaufelhöhe bis zum inneren Radius mit etwa konstantem Verhältnis Sehne (S) zu Teilung (T) ausgebildet ist.

4. Axialdurchströmte Turbine nach Anspruch 1 mit konisch öffnender Nabenpartie (2) im Bereich der Leitschaufelspitzen, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln über der Schaufelhöhe verwunden sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

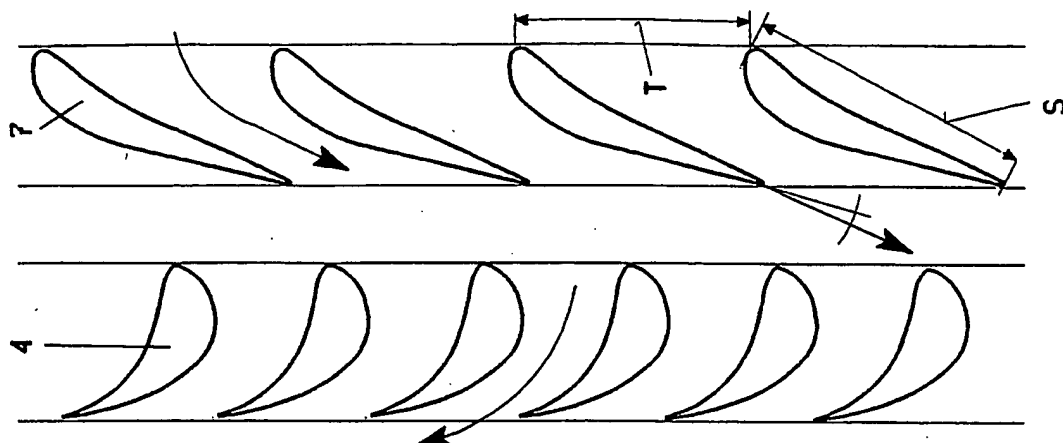


FIG. 2

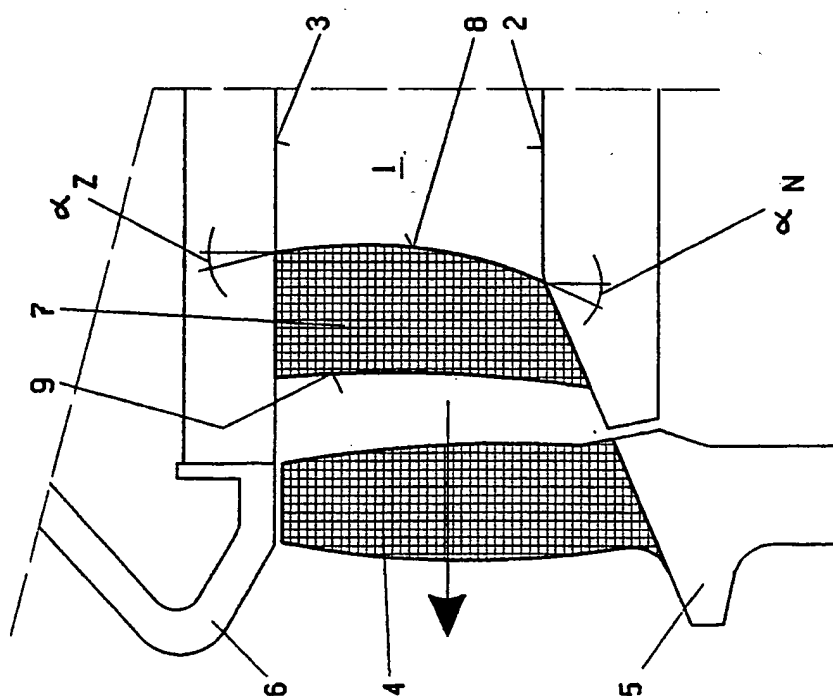


FIG. 1



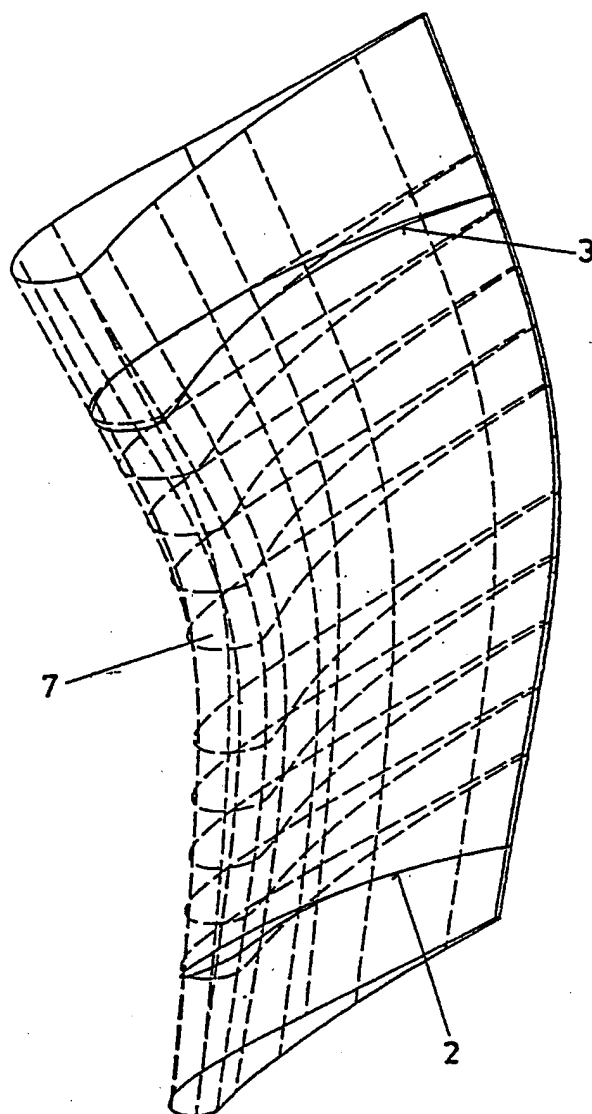


FIG. 3

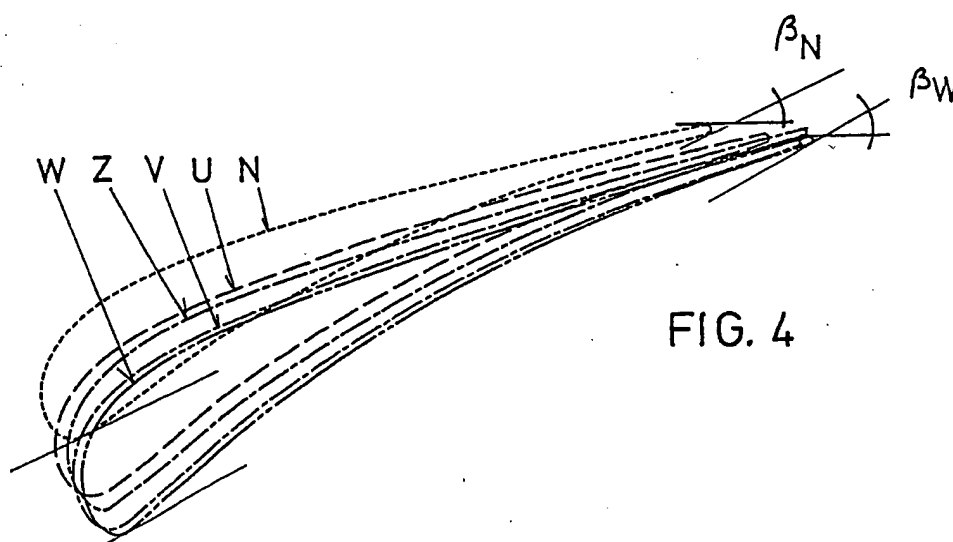


FIG. 4

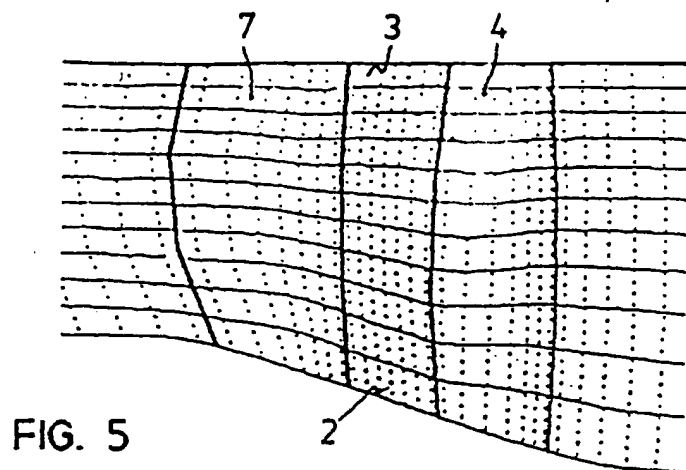


FIG. 5

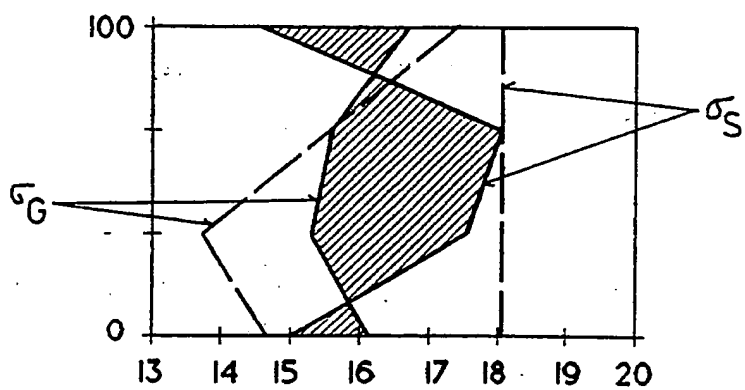


FIG. 6

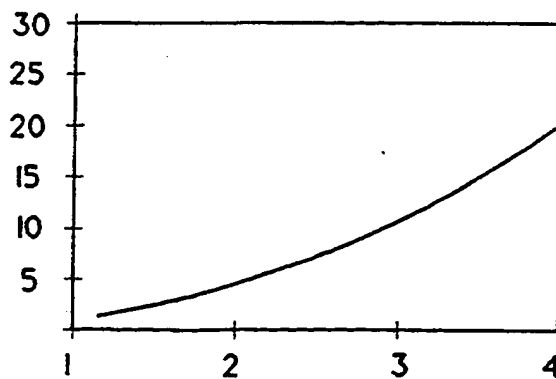


FIG. 7